



REC'D 28 JAN 2005

WIPO

PCT

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION****COPIE OFFICIELLE**

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 23 NOV 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**DOCUMENT DE PRIORITÉ**

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

**BEST AVAILABLE COPY**

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

page 1/2

**BR1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 v IV / 210502

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE LIEU N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>19 NOV. 2003</b>		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE BECKER ET ASSOCIES 35 rue des Mathurins 75008 PARIS	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) B0200FR			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b> Demande de brevet Demande de certificat d'utilité Demande divisionnaire <i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> N° _____ Date _____ N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> PEPTIDE AUGMENTANT LA CAPACITE FUSIOGENE DE L'OVOCYTE			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b> Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF Domicile ou siège Rue Code postal et ville Pays Nationalité N° de téléphone (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b> UNIVERSITE PARIS 13 Etablissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel _____ _____ Avenue Jean-Baptiste Clément 93430 VILLETANEUSE France Française N° de télécopie (facultatif) <input checked="" type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
page 2/2

**BR2**

REMISE DES PIÈCES  
DATE **19 NOV 2003**  
LIEU **75 INPI PARIS 34 SP**  
N° D'ENREGISTREMENT  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI  
**0313545**

DB 540 W / 210502

<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b>	
Nom	BECKER
Prénom	Philippe
Cabinet ou Société	BECKER ET ASSOCIES
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel	N°97-0800
Adresse	35 rue des Mathurins
Rue	
Code postal et ville	75 008 Paris
Pays	
N° de téléphone (facultatif)	01 53 43 85 00
N° de télécopie (facultatif)	01 53 43 85 05
Adresse électronique (facultatif)	becker@becker.fr
<b>7 INVENTEUR (S)</b>	
Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>	
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)	Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>	
Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint	<input checked="" type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe	<input checked="" type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes	1
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b> Philippe BECKER n°97-0800	
<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>	



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

re dépôt

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1.../1...

BR/SUITE

REMISE DES PIÈCES	
DATE	15 NOV 2003
LIEU	75 INPI PARIS 34 SP
N° D'ENREGISTREMENT	
0313545	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 829 0 W / 010702

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B0200FR
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N°
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique
Nom ou dénomination sociale		CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Prénoms		
Forme juridique		Etablissement public à caractère scientifique et technologique
N° SIREN		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Code APE-NAF		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Domicile ou siège	Rue	3 rue Michel Ange
	Code postal et ville	75179 PARIS cedex 16
	Pays	France
Nationalité		Française
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique
Nom ou dénomination sociale		
Prénoms		
Forme juridique		
N° SIREN		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Code APE-NAF		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Domicile ou siège	Rue	
	Code postal et ville	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	Pays	
Nationalité		
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b>		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>
Philippe BECKER n°97-0800		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'Informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI

## PEPTIDE AUGMENTANT LA CAPACITE FUSIOGENE DE L'OVOCYTE

### DOMAINE TECHNIQUE

5

La présente invention se rapporte à des peptides cycliques augmentant la capacité fusiogène de l'ovocyte, à des compositions pharmaceutiques les comprenant et à leurs utilisations, notamment pour supplémenter des milieux de culture utilisés pour la réalisation de la Fécondation in Vitro. Les peptides de l'invention comprennent  
10 typiquement un domaine issu de la boucle disintégrine de la fertiline bêta.

### ETAT DE LA TECHNIQUE

15 La fécondation est un processus complexe aboutissant à la fusion des gamètes (spermatozoïde et ovocyte) pour former un embryon. Ce processus naturel a lieu dans l'ampoule tubaire et aboutit à une grossesse après migration de l'embryon dans la cavité utérine.

20 Lorsque le couple est stérile, des techniques d'Assistance Médicale à la Procréation sont mises en jeu pour obtenir *in vitro* des embryons. Ils sont alors transférés par voie basse dans l'utérus où ils s'implantent.

La fécondation *in vitro* consiste simplement à mettre en présence, dans un milieu de  
25 culture adapté et dans des conditions de pH et de température appropriées, ovocytes et spermatozoïdes pour que la fécondation puisse se produire. Les techniques ont été largement développées depuis 25 ans (Bavister 2002).

Quand, pour des raisons parfois non élucidées, des échecs de fécondation ont lieu, les  
30 biologistes ont recours aux techniques de fécondation assistée qui consistent à microinjecter un spermatozoïde directement dans le cytoplasme de l'ovocyte.

- L'évolution des embryons microinjectés n'est toutefois pas aussi bonne que celle observée après fécondation spontanée. En effet, les taux de grossesse obtenus par transfert de ces embryons sont inférieurs à ceux obtenus après fécondation in vitro simple (25,4 % vs 26,5 %, sur plus de 20 000 tentatives) (FIVNAT, 2001). De même, les embryons issus de microinjection supportent moins bien la congélation que ceux issus de FIV (BLEFCO 2001, Simon et al., 1998). Ainsi, une lyse embryonnaire plus importante se produit au moment de la décongélation et un taux d'implantation plus faible est obtenu.
- 10 Enfin nous savons que l'activation de l'ovocyte consécutive à la fécondation est médiée par des ondes calciques induites par un facteur spermatique (Swan 1999). Ces ondes ont une amplitude et une fréquence réglées dont dépend la qualité embryonnaire (Swan 1999). Le court-circuit des étapes membranaires de l'interaction gamétique modifie le régime de ces ondes calciques pour deux raisons. L'interaction physiologique entre les membranes n'a pas lieu, et le traumatisme cellulaire dû au passage de la pipette de microinjection dans le cytoplasme provoque la sortie de calcium des pools de réserve (Tesarik et al ; 2002.). Cette sortie, si elle assure l'activation de l'ovocyte, peut aussi perturber le développement ultérieur de l'embryon.
- 20 L'étude du processus de fusion des membranes spermatique et ovocytaire au moment de la fécondation a permis de mettre en évidence en partie le mécanisme membranaire de la fusion.
- La formation d'un complexe moléculaire membranaire a lieu à la surface de l'ovocyte.
- 25 Ce complexe est induit par le spermatozoïde au moment de la fécondation. Sa composition et son mécanisme d'action sont partiellement connus, mais l'on sait que l'inhibition de leur formation entraîne l'inhibition de la fusion gamétique. La fécondation est donc bien liée à la formation de ces patches à la surface de l'ovocyte.
- 30 L'hypothèse communément admise est que le spermatozoïde interagit par le biais d'un premier récepteur avec la membrane et qu'après transduction d'un signal

transmembranaire un mécanisme cellulaire permet la constitution de ces patches sur lesquels le spermatozoïde vient se fixer.

Des études ont lieu pour déterminer la nature du ligand spermatique et du récepteur ovocytaire impliqués. Il existe une protéine de membrane spermatique du nom de Fertiline (Evans 2002). Cette molécule est un dimère alpha bêta dont les molécules appartiennent à la famille des protéines ADAM (A Disintegrine And Metalloprotease) (Evans 2001). La présence d'intégrines a été mise en évidence sur l'ovocyte. Par l'intermédiaire de son site de liaison putatif, la fertiline spermatique est susceptible d'interagir avec une ou des intégrines ovocytaires.

Les molécules de membranes appelées intégrines sont des molécules de liaison qui interviennent dans les liaisons cellule-matrice extra-cellulaire et cellule-cellule. Leurs ligands se lient à leur domaine extracellulaire par l'intermédiaire d'un site de liaison constitué par un tripeptide situé au sommet d'une boucle.

Les spermatozoïdes possèdent une molécule de membrane ayant un site disintégrine capable de se lier à une intégrine. Cette molécule, découverte chez le cobaye, mais présente chez tous les mammifères étudiés dont l'homme et la souris s'appelle Fertiline. La Fertiline humaine a été séquençée, ce qui fait que son site putatif de liaison est connu. Il s'agit du tripeptide FEE (Phénylalanine, Acide glutamique, Acide glutamique) (Gupta et al. 1995, Vidaeus et al., 1997). Un octapeptide linéaire contenant la séquence FEE inhibe l'adhérence des spermatozoïdes à l'ovocyte et leur pénétration (Bronson 1999). Des effets inhibiteurs comparables ont été observés dans d'autres espèces avec des peptides linéaires et cycliques (Mwethera 1999 ; Gupta 2000 ; Li 2002 ; Myles 1994). Evans (1995) rapporte une absence d'effet inhibiteur des peptides cycliques chez la souris.

Au cours de recherches d'inhibiteurs de la fécondation, les inventeurs ont synthétisé un peptide cyclique, appelé FEEc, reproduisant le site de liaison de la fertiline humaine bêta et ont testé son action sur les ovocytes humains. Contrairement à leur attente et de manière surprenante, les inventeurs ont ainsi mis en évidence que (1) le peptide cyclique FEEc se fixe sur la membrane de l'ovocyte humain, (2) qu'il induit une relocalisation des protéines d'adhésion à la surface de l'ovocyte, cette relocalisation étant normalement induite par les spermatozoïdes, (3) qu'il augmente la capacité fusiogène des ovocytes. Ces résultats ont été corroborés par des expériences chez la souris.

Ainsi, les inventeurs ont identifié une nouvelle classe de peptides cycliques capables d'augmenter la capacité fusiogène des ovocytes. Cette classe de peptides cycliques serait en outre capable d'activer l'ovocyte.

L'invention concerne l'utilisation d'un peptide cyclique comprenant le site de liaison de la fertiline bêta (ADAM 2) à l'intégrine de l'ovocyte pour augmenter la capacité fusiogène et/ou pour activer d'un ovocyte, typiquement in vitro ou ex vivo. Ce site de liaison est contenu dans la boucle disintégrine de la fertiline bêta. Ce peptide cyclique comprend au minimum le tripeptide indispensable à cette liaison. Ce tripeptide varie suivant les espèces. Cependant, l'organisation de la boucle disintégrine est très bien conservée parmi les espèces ( voir Table 1). Il sera donc facile à l'homme du métier de définir la boucle disintégrine de la fertiline bêta et d'identifier le tripeptide.

Table 1 : Boucle disintégrine

Homme	(436) CLFMSKERM C	RPS	<u>FEE</u> CDLP	EYCNGSSASC	(465)	SEQ ID No 1
25 Souris	(440) CKLKRKG EVC	RLA	<u>QDE</u> CDVT	EYCNGTSEVC	(469)	SEQ ID No 2
Cobaye	(433) CEFKTKGEVC	REST	<u>TDE</u> CDLP	EYCNGSSGAC	(462)	SEQ ID No 3
Lapin	(435) CTFKERGQSC	RPP	<u>VGE</u> CDLF	EYCNGTSALC	(464)	SEQ ID No 4
Macaque	(436) CLFMSQERCC	RPS	<u>FDE</u> CDLP	EYCNGTSASC	(465)	SEQ ID No 5
Bovin	(435) CAFIPKGHIC	RGST	<u>TDE</u> CDLH	EYCNGSSAAC	(464)	SEQ ID No 6
30 Rat	(441) CNLKAKGELC	RPAN	<u>QOE</u> CDVT	EYCNGTSEVC	(470)	SEQ ID No 7
Porc	(435) CSFMAKGQTC	RLT	<u>LDE</u> CDLL	EYCNGSSAAC	(464)	SEQ ID No 8



*Les positions indiquées entre parenthèse correspondent aux positions dans les séquences fertlines béta dont les références sont données plus loin. Les résidus en gras soulignés correspondent au tripeptide. Les résidus en gras sont parfaitement conservés parmi les espèces.*

5

Une séquence consensus de la boucle intégrine peut être déduite de la Table 1.

C-X<sub>2</sub>-(F/L)-(K/M/I)-X<sub>5</sub>-(K/R/Q)-(G/E)-X<sub>8</sub>-X<sub>9</sub>-C-R-X<sub>12</sub>-X<sub>13</sub>-**TriPept**-C-D-(L/V)-X<sub>20</sub>-E-Y-C-N-(G/E)-(T/S)-S-(A/E/G)-X<sub>29</sub>-C

où les groupes X représentent, indépendamment les uns des autres, un acide aminé et  
10 « TriPept » le tripeptide indispensable à la liaison de la fertline à l'intégrine. De préférence, X<sub>8</sub> est un acide aminé chargé. Plus particulièrement, il est sélectionné parmi E, R, et Q. De préférence, X<sub>12</sub> est sélectionné parmi P, L, E, et G. De préférence, X<sub>13</sub> est un acide aminé peu volumineux et non chargé, plus particulièrement sélectionné parmi S, A, P, et T. De préférence, X<sub>29</sub> est un acide aminé peu volumineux et non chargé, plus  
15 particulièrement sélectionné parmi S, A, et V.

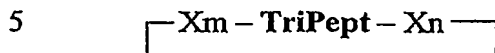
Le peptide cyclique peut être cyclisé par tout moyen connu par l'homme du métier. Le peptide peut être cyclisé par l'intermédiaire d'une liaison covalente entre la chaîne principale et la chaîne principale, entre la chaîne principale et une chaîne latérale, ou  
20 entre une chaîne latérale et une autre chaîne latérale. Cette liaison peut être une liaison disulfure, amide ou thioéther.

Par exemple, le peptide peut être cyclisé par une liaison peptidique entre le résidu N-terminal et le résidu C-terminal, ou avec des groupements amines ou carboxyliques des  
25 chaînes latérales de résidus.

De préférence, le peptide est cyclisé par l'intermédiaire de deux résidus cystéine, plus particulièrement par l'intermédiaire d'un pont disulfure entre ces deux résidus cystéines. La localisation des résidus cystéine doit permettre la cyclisation du peptide. Les résidus  
30 cystéine peuvent être placés de telle sorte qu'après cyclisation, le peptide présente une queue polypeptidique. De préférence, ces résidus cystéine seront placés aux extrémités

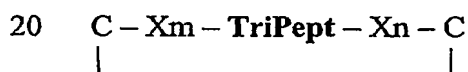
du peptide.

Le peptide cyclique selon la présente invention peut donc être décrit par la formule suivante :



où X représente un acide aminé, m et n est compris entre 0 et 14. Comme indiqué précédemment, dans les formules de l'invention, les groupes X sont indépendants les uns des autres et peuvent représenter, au sein d'une même molécule, des acides aminés différents ou identiques. De préférence, lorsque m ou n est égal à 0, l'autre est au moins 1. De préférence, m+n est inférieur à 10, de préférence inférieur ou égal à 5. Dans un mode de réalisation préféré, m+n est égal à 3. De préférence, le tripeptide présente une séquence X-(Q/D/E)-E, de préférence X-(D/E)-E. Par exemple, le tripeptide peut être sélectionné par le groupe constitué de (Q-D-E), (F-E-E), (T-D-E), (V-G-E), (F-D-E), (T-D-E), (N-Q-E), (L-D-E). Dans un mode de réalisation préféré, le tripeptide est (F-E-E).

De préférence, le peptide cyclique selon la présente invention est décrit par la formule suivante :



Les résidus cystéine impliqués dans la cyclisation du peptide peuvent se trouver naturellement dans la boucle disintégrine ou peuvent être introduits dans la séquence du peptide. Les boucles disintégrines sont riches en cystéines. En effet, des résidus cystéine sont conservés en positions 1, 10, 17, 23 et 30 de ces boucles. Ainsi, les peptides peuvent être cyclisés par l'intermédiaire d'un pont disulfure choisi parmi le groupe suivant : C1-C17, C1-C23, C1-C30, C10-C17, C10-C23, et C10-C30. De préférence, les peptides sont cyclisés par l'intermédiaire d'un pont disulfure choisi parmi C10-C17 et C10-C23.

30

Les peptides cycliques selon la présente invention peuvent donc présenter une des

structures suivantes :

$C_1$ -X<sub>2</sub>-(F/L)-(K/M/I)-X<sub>5</sub>-(K/R/Q)-(G/E)-X<sub>8</sub>-X<sub>9</sub>-C-R-X<sub>12</sub>-X<sub>13</sub>-**TriPept**-C<sub>17</sub>;

$C_1$ -X<sub>2</sub>-(F/L)-(K/M/I)-X<sub>5</sub>-(K/R/Q)-(G/E)-X<sub>8</sub>-X<sub>9</sub>-C-R-X<sub>12</sub>-X<sub>13</sub>-**TriPept**-C-D-(L/V)-X<sub>20</sub>-E-Y-C<sub>23</sub>;

5  $C_1$ -X<sub>2</sub>-(F/L)-(K/M/I)-X<sub>5</sub>-(K/R/Q)-(G/E)-X<sub>8</sub>-X<sub>9</sub>-C-R-X<sub>12</sub>-X<sub>13</sub>-**TriPept**-C-D-(L/V)-X<sub>20</sub>-E-Y-C-N-(G/E)-(T/S)-S-(A/E/G)-X<sub>29</sub>-C<sub>30</sub>;

$C_{10}$ -R-X<sub>12</sub>-X<sub>13</sub>-**TriPept**-C<sub>17</sub>;

$C_{10}$ -R-X<sub>12</sub>-X<sub>13</sub>-**TriPept**-C-D-(L/V)-X<sub>20</sub>-E-Y-C<sub>23</sub>;

$C_{10}$ -R-X<sub>12</sub>-X<sub>13</sub>-**TriPept**-C-D-(L/V)-X<sub>20</sub>-E-Y-C-N-(G/E)-(T/S)-S-(A/E/G)-X<sub>29</sub>-C<sub>30</sub>;

10 où X représentant un acide aminé et les résidus cystéines des extrémités des peptides formant des ponts disulfures.

De préférence, les peptides cycliques selon la présente invention présentent une des structures suivantes :

15  $C_{10}$ -R-X<sub>12</sub>-X<sub>13</sub>-**TriPept**-C<sub>17</sub>; ou

$C_{10}$ -R-X<sub>12</sub>-X<sub>13</sub>-**TriPept**-C-D-(L/V)-X<sub>20</sub>-E-Y-C<sub>23</sub>.

Plus particulièrement, les peptides cycliques selon l'invention sont choisis parmi un groupe constitué des fragments 1-17, 1-23, 1-30, 10-17, 10-23, et 10-30 d'une des  
20 séquences SEQ ID Nos 1-8, de préférence de la séquence SEQ ID No 1. De préférence, les peptides cycliques selon l'invention sont choisis parmi un groupe constitué des fragments 10-17, 10-23 d'une des séquences SEQ ID Nos 1-8, de préférence de la séquence SEQ ID No 1.

25 Les résidus cystéine peuvent être introduits dans le peptide à cycliser. Dans un mode de réalisation préféré, le peptide selon l'invention a la structure suivante :

C-X- TriPept -C

où X est un acide aminé. Un acide aminé peu encombrant et non chargé sera privilégié.

De préférence, X est choisi parmi A, S ou T. Plus particulièrement, X est A ou S. Dans

30 un mode de réalisation préféré, le X est la sérine et le tripeptide présente la séquence (F-E-E) (SEQ ID No 9). L'invention concerne tout particulièrement ce peptide cyclique

(dénommé FEEd dans les exemples) et son utilisation pour augmenter la capacité fusiogène et/ou activer les ovocytes.

Les acides aminés du peptide cyclique selon la présente invention peuvent être naturels  
5 ou non. Par acide aminé non-naturel est entendu un analogue ou dérivé d'un acide aminé naturel. Par exemple, un acide aminé non naturel peut présenter une chaîne latérale allongée, plus courte, ou variante présentant des groupements fonctionnels appropriés. Bien entendu, les stéréoisomères L et D sont envisagés. De plus, les liaisons peptidiques peuvent être modifiées pour les rendre résistantes à la protéolyse. Par  
10 exemple, au moins une liaison peptidique (-CO-NH-) peut être remplacée par une liaison divalente choisie parmi (-CH<sub>2</sub>-NH-), (-NH-CO-), (-CH<sub>2</sub>-O-), (-CH<sub>2</sub>-S-), (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-), (-CO-CH<sub>2</sub>-), (-CHOH-CH<sub>2</sub>-), (-N=N-), et (-CH=CH-).

Les résidus des séquences décrites ci-dessus peuvent varier de façon conservative. Par  
15 conservative est entendu que le résidu variant présentera des caractéristiques physico-chimiques comparables. Parmi les caractéristiques physicochimiques prises en compte, on trouve l'encombrement stérique, la polarité l'hydrophobie, ou la charge.

Par conséquent, la présente invention concerne également les variants et/ou les dérivés  
20 de ces peptides cycliques et leur utilisation, notamment pour augmenter la capacité fusiogène et/ou activer les ovocytes. Ces variants et dérivés concervent la capacité de liaison à l'intégrine de l'ovocyte, plus particulièrement à l'intégrine  $\alpha 6 \beta 1$ .

L'invention concerne également un multimère de peptide cyclique selon l'invention.  
25 Cette polymérisation du peptide cyclique peut être réalisée par tout moyen disponible à l'homme du métier. De préférence, le peptide cyclique est couplé à une molécule porteuse permettant la polymérisation du peptide. La liaison entre le peptide cyclique et la molécule porteuse peut être covalente ou non-covalente. Les méthodes pour fixer les peptides cycliques à la molécule porteuse sont bien connues de l'homme du métier et  
30 comprennent la chimie des amines, le couplage carbodiimide des dérivées carboxyl et amino, l'activation du bromure de cyanogène, de N-hydroxysuccinimide, d'époxide, de

sulfhydryl, ou d'hydrazide. La liaison entre la molécule porteuse et les peptides cycliques peut être directe ou indirecte. Lorsqu'elle est indirecte, elle peut se faire à travers un lien. Ce lien peut avoir un rôle d'espaceur qui évite une interaction de la molécule porteuse sur les propriétés du peptide cyclique, notamment les propriétés fusiogènes et/ou activatrices. Ce lien peut être un peptide. Le peptide cyclique doit être fixé à la molécule porteuse de manière à maintenir l'accessibilité du tripeptide. Le nombre de peptides cycliques compris dans le multimère est de préférence compris entre 2 et 1000. La forme multimérique du peptide selon la présente invention permet d'augmenter l'effet du peptide cyclique sur la relocalisation des protéines d'adhésion de l'ovocyte.

Par exemple, la polymérisation peut être faite par l'intermédiaire du couple biotine/streptavidine qui permet de préparer un tétramère du peptide cyclique. Ainsi, chaque peptide cyclique est lié à une biotine et quatre biotines peuvent se lier à une molécule de streptavidine.

Alternativement, plusieurs peptides cycliques selon la présente invention peuvent être portés par une protéine transporteuse. De préférence, cette protéine n'a pas d'effet biologique sur l'ovocyte. L'homme du métier connaît plusieurs protéines utilisées comme protéine porteuse dont l'albumine sérique bovine (SAB) et l'hémocyanine de patelle.

D'autre part, plusieurs peptides cycliques selon la présente invention peuvent être immobilisés sur un support solide. Le support solide peut être de façon non exhaustive de l'agarose, du verre, des résines cellulosiques, des résines de silice, du polystyrène, du polyacrylamide. Le support solide peut être modifié avec des groupements fonctionnels permettant la fixation des peptides cycliques, par exemple par l'intermédiaire des groupements carboxyl, amino, sulfhydryl, hydroxyl et/ou carbohydrate contenus dans ces peptides.

La présente invention concerne une composition comprenant un peptide cyclique selon

la présente invention ou un multimère de celui-ci. Cette composition peut être un milieu destiné à la culture de gamètes. Cette composition peut comprendre en outre un support pharmaceutiquement acceptable. Cette composition peut être une composition pharmaceutique, de préférence adaptée à une application locale. De préférence, cette application locale est faite au niveau du tractus génital femelle.

La présente invention concerne l'utilisation d'un peptide cyclique selon la présente invention, d'un multimère de celui-ci ou d'une composition selon la présente invention pour augmenter la capacité fusiogène de l'ovocyte ou pour activer un ovocyte, ainsi qu'une méthode correspondante.

Notamment, les peptides cycliques selon la présente invention peuvent être utilisés pour la fécondation in vitro, pour l'insémination artificielle, et pour le transfert nucléaire (clonage) chez les mammifères, de préférence non-humains. De préférence, ces peptides seront utilisés pour réaliser ou améliorer une fécondation in vitro, plus particulièrement chez les humains. A cet égard, l'invention concerne également un milieu de culture de gamètes supplémenté par un peptide cyclique selon la présente invention ou un multimère de celui-ci. Dans un mode de réalisation particulier, l'ovocyte est mis en présence du peptide cyclique selon l'invention avant d'être incubé en présence des spermatozoïdes. Dans un autre mode de réalisation, l'ovocyte est mis en présence simultanément avec le peptide cyclique selon la présente invention et le gamète male.

Les peptides de l'invention peuvent être également utilisés dans un traitement destiné à augmenter la fécondité. Ainsi la présente invention concerne l'utilisation d'un peptide selon la présente invention pour la préparation d'un médicament destiné à traiter les problèmes de fécondité, ainsi qu'une méthode correspondante.

Les peptides cycliques selon la présente invention peuvent également être utilisés pour potentialiser les spermatozoïdes.

30

Les différentes méthodes et utilisations de l'invention peuvent être mises en œuvre in

vitro, ex vivo ou in vivo. Elles sont avantageusement pratiquées in vitro ou ex vivo afin de produire des cellules ou matériels biologiques traités.

Les peptides cycliques selon la présente invention peuvent être utilisés pour toute  
 5 espèce dont la reproduction fait appel à des gamètes. L'invention présente un intérêt tout particulier pour les espèces en voie de disparition, les espèces peu fécondes ou les espèces de grande valeur. Plus particulièrement, l'invention considère l'utilisation des peptides cycliques chez les mammifères. De préférence, la présente invention peut s'appliquer à la reproduction ou au clonage des ovins, des bovins, des équins, etc... Bien  
 10 entendu, la présente invention s'applique également dans l'aide à la procréation humaine.

Ce peptide ajouté dans les milieux de culture des gamètes humains est susceptible de potentialiser leur capacité fusiogène et d'amener à la constitution d'embryons tout en  
 15 respectant les interactions physiologiques membranaires. Il y a deux intérêts potentiels à son utilisation : la réduction de l'utilisation de la microinjection intracytoplasmique comme technique de fécondation et l'amélioration de la qualité des embryons obtenus.

L'invention concerne également des méthodes de criblage de composés augmentant les  
 20 capacités fusiogènes de l'ovocyte. Cette méthode comprend les étapes suivantes : 1) incuber l'ovocyte en présence du composé testé ; et 2) estimer la capacité du composé à augmenter la capacité fusiogène de l'ovocyte. De préférence, la capacité fusiogène peut être estimée par au moins un des critères suivants : la liaison à l'ovocyte, l'induction d'une re-localisation des protéines d'adhésion à la surface de l'ovocyte (plus  
 25 particulièrement l'intégrine  $\alpha 6 \beta 1$ ), la fusion de l'ovocyte avec un spermatozoïde. De préférence, la relocalisation des protéines d'adhésion à la surface de l'ovocyte aboutit à la formation de patches de protéines d'adhésion (plus particulièrement l'intégrine  $\alpha 6 \beta 1$ ). La relocalisation des protéines d'adhésion peut être mesurée par le marquage des protéines d'adhésion.

30

L'invention concerne les composés induisant la relocalisation des protéines d'adhésion

de l'ovocyte en patche ainsi que leur utilisation pour augmenter les capacités fusiogènes des ovocytes.

5 D'autres aspects et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture des exemples qui suivent, qui doivent être considérés comme illustratifs et non limitatifs.

## EXEMPLES

### 10 Résultats de l'étude du FEE cyclique sur la fusion gamétique chez l'homme

#### Matériel et méthodes

##### Les ovocytes humains

15 Les ovocytes humains utilisés pour les expérimentations avaient deux origines : les ovocytes en échec de fécondation après FIV et les ovocytes non microinjectés car immatures au moment de l'ICSI et maturés *in vitro*. Les patients avaient donné ces ovocytes à la recherche et avaient signé à cette fin un consentement visé par le CCPPRB de l'hôpital d'Aulnay sous Bois.

20 Ces ovocytes âgés de 48 heures ou maturés *in vitro* ne sont pas ou plus capables de donner un embryon. Par ailleurs le mécanisme du blocage à la polyspermie qui assure la qualité diploïde de l'embryon est situé au niveau de la zone pellucide de l'ovocyte. En dépellucidant ces ovocytes, on enlève ce mécanisme protecteur ce qui aboutit en cas de fusion gamétique à des zygotes polyspermiqes non viables. Enfin, le développement embryonnaire se faisant à l'intérieur de la zone pellucide pendant les 6 premiers jours,  
25 son absence empêche un tel développement d'avoir lieu.

Pour garder la membrane ovocytaire aussi proche que possible de son état naturel, la dépellucidation que les inventeurs ont faite a été réalisée de façon mécanique à l'aide de ciseaux de microchirurgie.



### Les spermatozoïdes

Le sperme de donneurs féconds a été collecté après 3 jours d'abstinence et préparé comme pour les FIV. Brièvement, l'éjaculat a été gardé à 37° jusqu'à liquéfaction puis sélectionné sur un gradient de Puresperm 2 couches (90 et 45 %). Le sperme a été alors  
5 gardé dans des conditions capacitanes jusqu'à l'insémination des ovocytes.

### Le peptide synthétique cyclique FEEc

La séquence complète du domaine disintégrine de la Fertiline humaine constituant la boucle est représentée ci-dessous :

10

CLFMSKERMCRPSFEECDLPEYCNGSSASC SEQ ID No 1

Le peptide synthétique cyclique FEEc utilisé dans cet exemple est le suivant :

15

CSFEEC SEQ ID No 9

Le peptide FEEc que les inventeurs ont synthétisé comprend la séquence du tripeptide FEE. Il comprend la Sérine qui le précède et la Cystéine qui le suit. Les inventeurs ont ajouté une Cystéine supplémentaire en amont du site de liaison. Les deux cystéines  
20 situées aux extrémités du peptide permettent de cycliser le peptide.

### Immunofluorescence

La sous-unité intégrine alpha 6 est présente sur la membrane de l'ovocyte humain. Elle fait partie du complexe multimoléculaire de fusion. C'est la raison pour laquelle les  
25 inventeurs l'ont prise comme témoin du remaniement membranaire.

Les ovocytes dépellucidés ont été incubés dans des gouttes de 20 µl de milieu de culture Fertilcult sous huile à température de la pièce. Le milieu a été supplémenté avec un anticorps de souris anti alpha 6 humain à 20 µM (Chemicon International, Londres,  
30 GB). Les ovocytes ont alors été lavés puis fixés dans de la PFA 2% pendant une heure. Ils ont ensuite été incubés pendant 45 minutes avec un second anticorps anti-

immunoglobuline de souris marqué au FITC ou à la Rhodamine élevé chez l'âne (FITC-conjugated donkey anti-mouse IgG ou Rhodamine-conjugated donkey anti-mouse IgG 10µg/ml ; Jackson laboratories). Après lavage, les ovocytes ont enfin été montés dans de l'Immunount antifade (Shandon Laboratories) entre lame et lamelle et examinés soit  
5 au microscope à fluorescence (Zeiss Axiophot) soit au microscope confocal (Leica Lasertechnik, GmbH).

### Tests fonctionnels de fusion

Les test fonctionnels d'inhibition de la fusion ont été réalisés dans des conditions  
10 similaires à celles employées pour la FIV : c'est-à-dire dans des conditions suffisamment proches des conditions physiologiques puisqu'elles permettent l'obtention de grossesses et d'enfants. Brièvement, les ovocytes ont été incubés dans des gouttes de 20 µl de Fertilcult sous huile pendant 18 heures dans un incubateur sous 5 % de CO<sub>2</sub> à 37° avec 4000 spermatozoïdes mobiles. Les tests ont été menés en supplémentant le  
15 milieu avec le Peptide FEEc à la concentration de 200 µM. A la fin de l'incubation, les ovocytes ont été lavés et incubés 20 minutes dans du Hoechst 33342 (Sigma) à 5 µg/ml. Après fixation dans du PFA 4% PBS-BSA 1% pendant 30 minutes à température ambiante, les ovocytes ont été montés dans de l'immunount entre lame et lamelle avant d'être examinés sous UV. Les spermatozoïdes fusionnés étaient fluorescents. Les lames  
20 ont été analysées sur un microscope Zeiss Axiophot équipé d'une caméra connectée à un logiciel d'analyse d'images Imaging System Package (Applied Imaging, Newcastle-upon-Tyne, UK).

### **Résultats**

#### 25 Immunofluorescence et microscopie confocale.

Les ovocytes ont été incubés avec du Peptide FEEc biotinylé 200 µM pendant 45 minutes. L'examen en microscopie confocale a permis de mettre en évidence un marquage membranaire avec le Peptide FEEc comme cela est visible sur la coupe équatoriale de l'ovocyte (Figure 1A). La superposition informatique a montré en outre  
30 que ce marquage correspond à des patches membranaires (Fig. 1B).

### Induction de patches de fusion par le Peptide FEEc sur l'ovocyte humain

Le spermatozoïde induit des patches multimoléculaires. En incubant des ovocytes maturés in vitro avec une suspension de Peptide FEEc 200  $\mu$ M pendant 18 heures, les inventeurs ont mis en évidence une redistribution de la sous-unité intégrine  $\alpha 6$ . En effet, alors que sur l'ovocyte intact la distribution de la sous-unité  $\alpha 6$  est homogène sur la surface de l'ovocyte (Fig. 2A), le Peptide FEEc induit sa redistribution sous forme de petites agrégats membranaires. Chez la souris, le spermatozoïde induit effectivement de tels patches lors de la fécondation. Il peut en être conclu que le peptide FEEc induit une redistribution membranaire de protéines d'adhésion comparable à celle qui est induite par le spermatozoïde lui-même au cours de la fécondation.

### Test fonctionnel de fusion avec des gamètes humains

Dans des conditions semblables, des ovocytes dépellucidés ont été incubés en présence de 200  $\mu$ M de Peptide FEEc et de spermatozoïdes. Dans les ovocytes témoins, une vingtaine de spermatozoïdes fusionnés au sein du cytoplasme ovocytaire ont été observés (Fig. 3A). En présence de 200  $\mu$ M de Peptide FEEc, le nombre des spermatozoïdes cytoplasmiques a été bien plus important (Fig 3B). L'expérience reproduite sur un plus grand nombre d'ovocytes a fait apparaître une augmentation moyenne de 60% environ du nombre de spermatozoïdes qui ont fusionné avec l'ovocyte (26,1 $\pm$ 8,3 vs 16,4 $\pm$ 5,2 ; P<0,001). L'augmentation du nombre de spermatozoïdes est donc statistiquement significative. Cet effet est spécifique car l'incubation avec le même peptide brouillé est sans effet. L'action du Peptide FEEc est réversible car les ovocytes préincubés avec le Peptide FEEc puis lavés et inséminés ne montrent pas de variation de leur capacité fusiogène. Il n'y a donc pas non plus d'effet toxique sur les ovocytes mais la co-incubation est nécessaire pour que l'effet du Peptide apparaisse.

### **Discussion**

Le Peptide FEEc présente donc la propriété d'augmenter la capacité fusiogène de l'ovocyte humain. Il reproduit le mécanisme par lequel le spermatozoïde présent au contact de la membrane ovocytaire induit les complexes moléculaires de fusion

ovocytaires et permet donc un processus de fusion plus facile.

Il peut servir à compléter les milieux de culture utilisés pour la réalisation de la Fécondation in Vitro. Il devrait alors pouvoir améliorer les taux de fécondation des FIV  
5 réalisées pour stérilité idiopathique ou pour déficience spermatique. Il y aurait alors une diminution du recours aux techniques de microinjection et amélioration de la qualité des embryons obtenus.

## 10 **Résultats de l'étude du QDE cyclique sur la fusion gamétique chez la souris**

De façon semblable à ce que nous avons vu dans l'espèce humaine, nous avons étudié l'effet d'un tripeptide cyclique dans le modèle souris. Par analogie, le motif du tripeptide reproduisait cette fois le site de fixation de la disintégrine de la fertiline  $\beta$  de la souris, c'est à dire le tripeptide QDE. Ce peptide a été appelé QDEc.

15

### **Matériel et méthode.**

Des souris C56bl/CBA de 6 semaines ont été superovulées par 5 UI de PMSG et 5 UI d'hCG administrées à 48 heures d'intervalle. Treize heures après la dernière injection les souris ont été sacrifiées et les oviductes ont été récupérés puis dilacérés dans du milieu  
20 de M2. Les ovocytes récupérés ont alors été décoronés par un bref passage dans de la hyaluronidase. Les ovocytes ont ensuite été dépellucidés mécaniquement à l'aide de ciseaux de microdissection sous une loupe binoculaire.

Les ovocytes dépellucidés ont été préincubés 30 min. puis inséminés en présence ; 1)  
25 groupe témoin de milieu M16; 2) de milieu supplémenté de 10  $\mu$ M de QDEc ; 3) 100  $\mu$ M de QDEc et 4) 1 mM de QDEc. Les ovocytes ont été dans tous les cas inséminés pendant 3 heures avec une concentration de  $10^6$  spermatozoïdes mobiles par ml.

Après l'incubation, les ovocytes ont été soigneusement lavés puis incubés dans du  
30 Hoescht 10  $\mu$ M pendant 30 min, rincés puis examinés en UV sur un microscope Zeiss. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel Statview ®.

## Résultats

Au cours de 5 expériences, 170 oocytes ont été étudiés en 4 groupes. Alors que la moyenne du nombre de spermatozoïdes fusionnés par ovocyte est de  $2,2 \pm 0,1$  (moy  $\pm$  ES) dans le groupe contrôle, il augmente de façon dose dépendante avec la présence du QDE dans le milieu d'incubation (Figure 5). Il atteint des différences statistiques pour des concentrations de 100  $\mu$ M ( $P < 0,07$ ) et de façon significative pour 1 mM ( $P < 0,004$ ).

## Discussion

Contrairement à ce qui se passe avec des ovocytes humains, le nombre de spermatozoïdes susceptibles de fusionner avec un ovocyte de souris est bien plus réduit puisqu'il ne dépasse pas en règle générale 3 spermatozoïdes alors qu'il est aux environs de 20 dans l'espèce humaine. De ce fait, l'augmentation de ce nombre bien que modérée atteint un seuil de signification statistique rapidement.

Il en ressort donc que, dans des conditions de dépellucidation mécanique respectant les protéines de membrane, le schéma d'interaction du spermatozoïde avec la membrane ovocytaire semble être similaire chez la souris à ce qui se passe dans l'espèce humaine. De plus, le peptide reproduisant le site putatif de fixation de la Fertiline de souris sous forme cyclisée, reproduisant la conformation naturelle de la molécule, augmente les capacités fusiogènes de l'ovocyte de souris.

## Légende des Figures

### Figure 1. Détection du Peptide FEEc biotinylé à la surface de l'ovocyte humain.

Des ovocytes ont été dépellucidés mécaniquement puis incubés pendant 45 min avec le Peptide biotinylé à 100  $\mu$ M. Le peptide FEEc a été détecté par un anticorps de souris anti-biotine reconnu par un anticorps biotinylé anti-immunoglobuline de souris, puis par la streptavidine-FITC. Les ovocytes ont alors été montés dans de l'immumount entre lame et lamelles et examinés au microscope confocal. A : section équatoriale de l'ovocyte, B : superposition des coupes correspondant à un héli ovocyte.

Figure 2. Induction de patches de fusion par le Peptide FEEc sur l'ovocyte humain.

Des ovocytes intacts ont été incubés avec du Peptide FEEc 200  $\mu$ M pendant 45 minutes. Après lavage, ils ont été incubés avec un anticorps anti sous unité intégrine  $\alpha 6$  20  $\mu$ M pendant 45 minutes puis fixés (PFA 4 % pendant 30 minutes). Après lavage, ils ont été incubés avec un second anticorps anti-immunoglobuline de souris marqué à la rhodamine. Ils ont ensuite été examinés en immunofluorescence. Fig.2A : ovocyte témoin montrant une fluorescence diffuse et homogène sur la surface de l'ovocyte. Fig.2B : après incubation avec le Peptide FEEc, il y a une redistribution de la sous-unité  $\alpha 6$  sous forme d'agrégats membranaires.

10

Figure 3. Test fonctionnel de fusion avec des gamètes humains.

Les ovocytes dépellucidés ont été incubés dans des gouttes de 20  $\mu$ l sous huile dans du milieu de culture avec 4000 spermatozoïdes mobiles pendant 18 heures. Ils ont ensuite été lavés puis incubés dans une solution de Hoechst 33342 10  $\mu$ M pendant 30 minutes avant d'être relavés, montés dans de l'immunount entre lame et lamelle et examinés sous UV. Fig.3A : ovocyte témoin montrant la présence d'une vingtaine de spermatozoïdes fusionnés dans le cytoplasme ovocytaire. Fig.3B : ovocyte co-incubés avec le Peptide à 100  $\mu$ M présentant une soixantaine de spermatozoïdes fusionnés.

15

Figure 4. Effets du Peptide FEEc sur la fécondance de l'ovocyte humain.

Comparaison des index de fécondation obtenus en absence et en présence du Peptide FEEc 100  $\mu$ M dans le milieu d'incubation.

20

Figure 5. Effets du Peptide QDEc sur la fusion gamétique chez la souris.

Les nombres entre parenthèse représentent le nombre d'ovocytes dans chaque groupe. Différence statistique avec les valeurs du groupe témoin : \* ( $P < 0,07$ ) ; \*\* ( $P < 0,04$ )

25

REFERENCES

30

Accession Number : Souris Q60718 ; Homme Q99965 ; Cobaye Q60411 ; Lapin Q28660 ; Macaque Q28478 ; Bovin O77780 ; Rat Q63202 ; Porc CAC84225.

- Aytoz A, Van den Abbeel E, Bonduelle M, Camus M, Joris H, Van Steirteghem A, Devroey P. Obstetric outcome of pregnancies after the transfer of cryopreserved and fresh embryos obtained by conventional in-vitro fertilization and intracytoplasmic sperm injection. Hum Reprod. 1999 Oct;14(10):2619-24.
- Bavister BD. Early history of in vitro fertilization. Reproduction. 2002 Aug;124(2):181-96.
- 10 Bronson RA, Fusi FM, Calzi F, Doldi N, Ferrari A. Evidence that a functional fertilin-like ADAM plays a role in human sperm-oolemmal interactions. Mol Hum Reprod. 1999 May;5(5):433-40.
- Evans JP. The molecular basis of sperm-oocyte membrane interactions during mammalian fertilization. Hum Reprod Update. 2002 Jul-Aug;8(4):297-311. Review.
- 15 Evans JP. Fertilin beta and other ADAMs as integrin ligands: insights into cell adhesion and fertilization. Bioessays. 2001 Jul;23(7):628-39. Review.
- 20 Evans JP, Schultz RM, and Kopf GS. Mouse sperm-egg plasma membrane interactions: analysis of roles of egg integrins and the mouse sperm homologue of PH-30 (fertilin)  $\beta$ . J Cell Sci. 1995, 108, 3267-3278.
- Gupta SK, Alves K, Palladino LO, Mark GE, Hollis GF. Molecular cloning of the human fertilin beta subunit. Biochem Biophys Res Commun. 1996 Jul 16;224(2):318-26. PMID: 8702389
- 25 Gupta S, Li H, Sampson NS. Characterization of fertilin beta-disintegrin binding specific in sperm-egg adhesion. Bioorg Med Chem 2000 Apr;8(4): 723-9
- 30 Kowalik A, Palermo GD, Barnat L, Veeck L, Rimarachin J, Rosenwaks Z. Comparison

of clinical outcome after cryopreservation of embryos obtained from intracytoplasmic sperm injection and in-vitro fertilization. *Hum Reprod.* 1998 Oct;13(10):2848-51.

Li H, Sampson N. Structural analysis of fertilin(beta) cyclic peptide mimics that are  
5 ligands for alpha6beta1 integrin. *J Pept Res* 2002 Feb;59(2):45-54

Myles DG, Kimmel LH, Bolbel CP, White JM, and Primakoff P. Identification of a binding site in the disintegrin domain of fertilin required for sperm-egg fusion. *Proc Natl Acad Sci USA* 1994, 91, 4195-4198.

10

Mwethera PG, Makokha A, Chai D. Fertilin beta peptides inhibit sperm binding to zona-free egg in a homologous baboon in vitro fertilization system. *Contraception* 1999 Feb;59(2):131-5

15

Simon A, Holzer H, Hurwitz A, Revel A, Zentner BS, Lossos F, Laufer N. Comparison of cryopreservation outcome following intracytoplasmic sperm injection and conventional in vitro fertilization. *J Assist Reprod Genet.* 1998 Aug;15(7):431-7.

Swann K. Ca(2+) oscillations and sperm factors at fertilization in mammals.

20

*Hum Fertil (Camb).* 1999;2(1):61-66.

Swann K, Parrington J, Jones KT. Potential role of a sperm-derived phospholipase C in triggering the egg-activating Ca2+ signal at fertilization. *Reproduction.* 2001 Dec;122(6):839-46. Review.

25

Tesarik J, Mendoza C, Greco E. Paternal effects acting during the first cell cycle of human preimplantation development after ICSI. *Hum Reprod.* 2002 Jan;17(1):184-9.

Vidaeus CM, von Kapp-Herr C, Golden WL, Eddy RL, Shows TB, Herr JC. Human fertilin beta: identification, characterization, and chromosomal mapping of an ADAM gene family member. *Mol Reprod Dev.* 1997 Mar;46(3):363-9.

30



## REVENDICATIONS

1- Utilisation d'un peptide cyclique comprenant le tripeptide formant un site de liaison de la fertiline bêta à l'intégrine de l'ovocyte pour augmenter les capacités fusiogènes d'un ovocyte.

2- Utilisation selon la revendication 1, dans laquelle le tripeptide est X-(Q/D/E)-E, X étant un acide aminé.

3- Utilisation selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle le tripeptide est FEE.

4- Utilisation selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ledit peptide présente la formule suivante :



où X représente un acide aminé, m et n sont compris entre 0 et 14 et « TriPept » désigne ledit tripeptide.

5- Utilisation selon la revendication 4, dans laquelle m+n est inférieur à 10, de préférence inférieur ou égal à 5.

6- Utilisation selon la revendication 5, dans laquelle ledit peptide présente la formule suivante :



où X est un acide aminé.

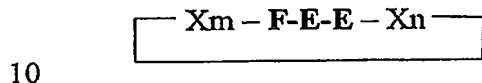
7- Utilisation selon la revendication 6, dans laquelle X est un acide aminé peu encombrant et non chargé, de préférence choisi parmi A, S ou T.

8- Utilisation selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le peptide cyclique est sous forme de multimère.

9- Utilisation selon l'une des revendications précédentes destinée à améliorer la fécondation in vitro.

5 10- Utilisation selon l'une des revendications précédentes destinée à améliorer l'insémination artificielle, et/ou le transfert nucléaire chez des animaux non-humains.

11- Peptide cyclique présentant la formule suivante :



où X représente un acide aminé, m et n sont compris entre 0 et 14, un variant ou un dérivé de celui-ci.

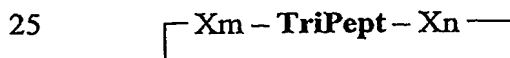
12- Peptide cyclique selon la revendication 11, dans lequel m+n est inférieur à 10, de  
15 préférence inférieur ou égal à 5.

13- Peptide cyclique selon la revendication 12, ledit peptide présentant la formule suivante :



14- Peptide cyclique selon la revendication 13, dans lequel X est S.

15- Multimère de peptides cycliques, lesdit peptides présentant la formule suivante :



où X représente un acide aminé, m et n sont compris entre 0 et 14 et « TriPept » désigne le tripeptide X-(Q/D/E)-E formant un site de liaison de la fertiline bêta à l'intégrine de l'ovocyte.

30

16- Multimère selon la revendication 15, dans lequel le tripeptide est FEE.



17- Multimère selon la revendication 15 ou 16, ledit peptide présentant la formule suivante :

C-X- TriPept -C

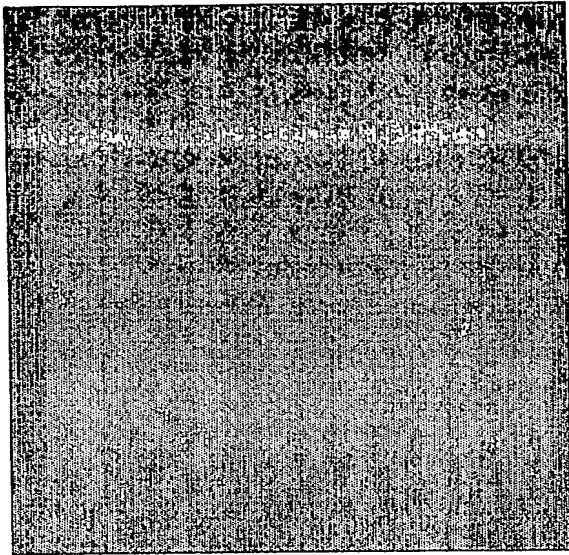
5 où X est un acide aminé, de préférence X étant choisi parmi A, S ou T.

18- Composition destinée à la culture de gamètes comprenant un peptide selon l'une des revendications 11 à 14 ou un multimère selon l'une des revendications 15 à 17.

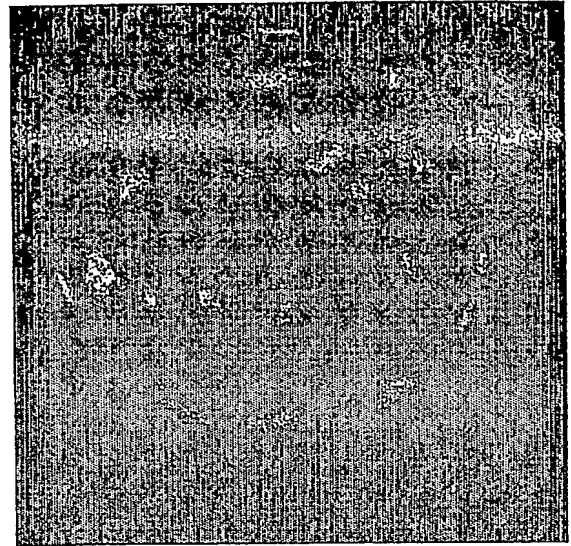
10 19- Utilisation d'un peptide selon l'une des revendications 11 à 14 ou un multimère selon l'une des revendications 15 à 17 pour la préparation d'un médicament destiné à traiter les problèmes de fécondité.

15 20- Méthode de criblage de composés augmentant la capacité fusiogène des ovocytes comprenant 1) incubé l'ovocyte en présence du composé testé ; et 2) estimer la capacité du composé à augmenter la capacité fusiogène de l'ovocyte.

20 21- Méthode de criblage selon la revendication 20, caractérisé en ce que la capacité du composé à augmenter la capacité fusiogène de l'ovocyte est estimé par au moins un des critères suivants : la liaison à l'ovocyte, l'induction d'une relocalisation des protéines d'adhésion à la surface de l'ovocyte (plus particulièrement l'intégrine  $\alpha 6 \beta 1$ ), la fusion de l'ovocyte avec un spermatozoïde.



**Fig. 1A**



**Fig. 1B**

**Figure 1**

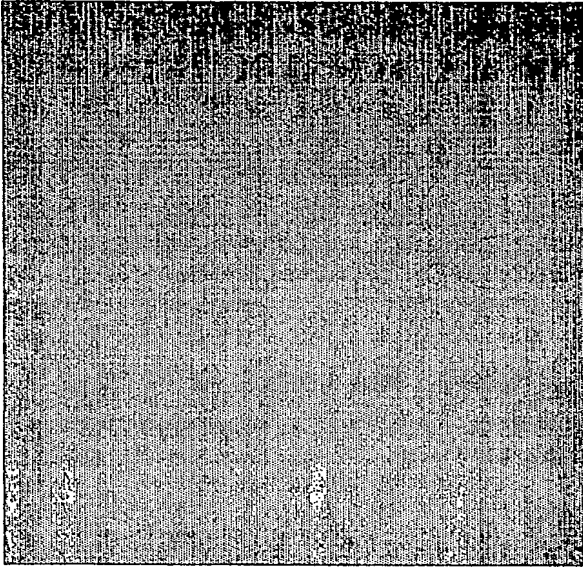


Fig. 2A

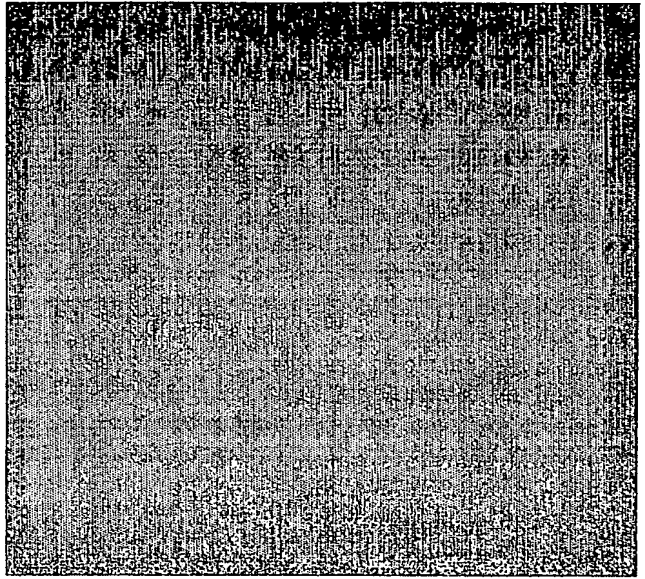
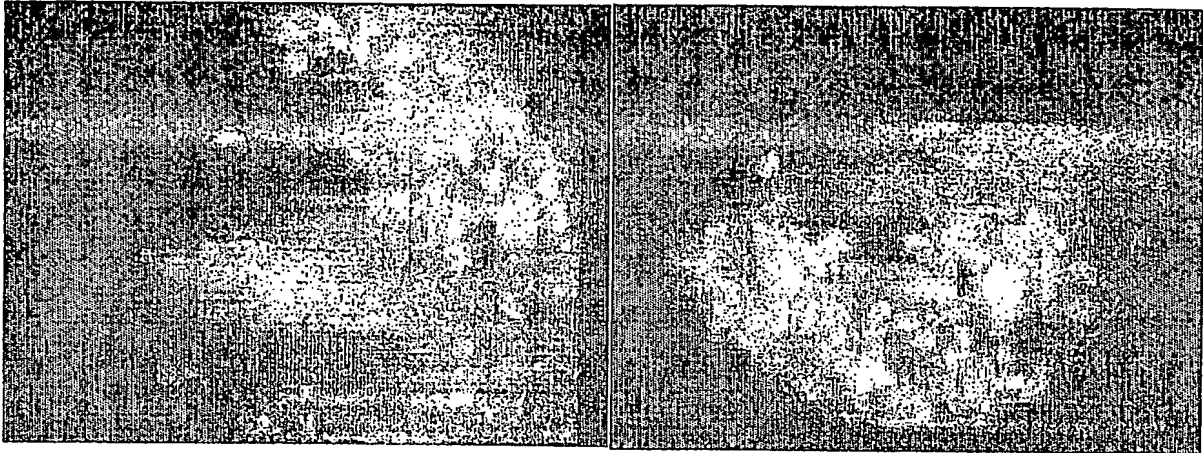


Fig. 2B

Figure 2



**Témoin**  
**Fig. 3A**

**FEE 100 µM**  
**Fig. 3B**

**Figure 3**

4/5

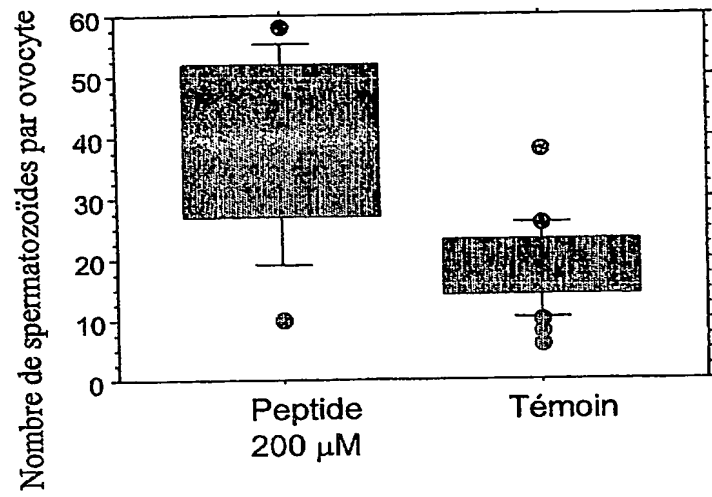
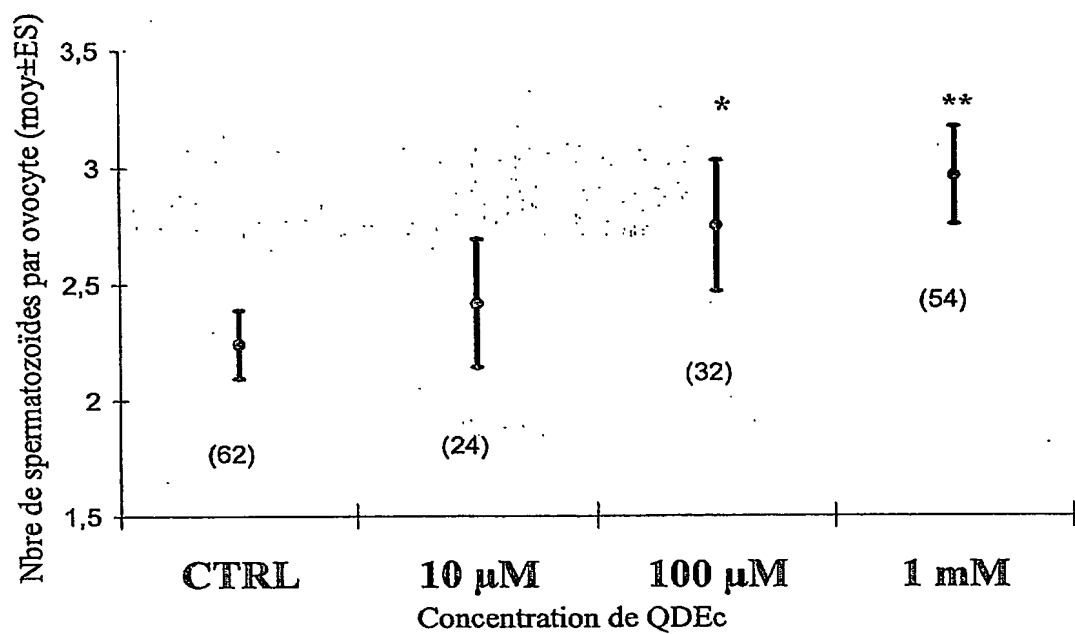


Figure 4

**Figure 5**







1  
SEQUENCE LISTING

<110> Université Paris 13, Centre National de Recherche Scientifique

<120> PEPTIDE AUGMENTANT LA CAPACITE FUSIOGENE DE L'OVOCYTE

<130> B0200FR

<160> 9

<170> PatentIn version 3.1

<210> 1

<211> 30

<212> PRT

<213> Homo sapiens

<220>

<221> SITE

<222> (14)..(16)

<223> Tripeptide

<400> 1

Cys Leu Phe Met Ser Lys Glu Arg Met Cys Arg Pro Ser Phe Glu Glu  
1 5 10 15

Cys Asp Leu Pro Glu Tyr Cys Asn Gly Ser Ser Ala Ser Cys  
20 25 30

<210> 2

<211> 30

<212> PRT

<213> Mus musculus

<220>

<221> SITE

<222> (14)..(16)

2

<223> Tripeptide

<400> 2

Cys Lys Leu Lys Arg Lys Gly Glu Val Cys Arg Leu Ala Gln Asp Glu  
1 5 10 15

Cys Asp Val Thr Glu Tyr Cys Asn Gly Thr Ser Glu Val Cys  
20 25 30

<210> 3

<211> 30

<212> PRT

<213> Cavia porcellus

<220>

<221> SITE

<222> (14)..(16)

<223> Tripeptide

<400> 3

Cys Glu Phe Lys Thr Lys Gly Glu Val Cys Arg Glu Ser Thr Asp Glu  
1 5 10 15

Cys Asp Leu Pro Glu Tyr Cys Asn Gly Ser Ser Gly Ala Cys  
20 25 30

<210> 4

<211> 30

<212> PRT

<213> Oryctolagus cuniculus

<220>

<221> SITE

<222> (14)..(16)

<223> Tripeptide

<400> 4

Cys Thr Phe Lys Glu Arg Gly Gln Ser Cys Arg Pro Pro Val Gly Glu  
1 5 10 15

Cys Asp Leu Phe Glu Tyr Cys Asn Gly Thr Ser Ala Leu Cys  
20 25 30

3

<210> 5  
 <211> 30  
 <212> PRT  
 <213> Macaca fascicularis

<220>  
 <221> SITE  
 <222> (14)..(16)  
 <223> Tripeptide

<400> 5  
 Cys Leu Phe Met Ser Gln Glu Arg Cys Cys Arg Pro Ser Phe Asp Glu  
 1 5 10 15  
 Cys Asp Leu Pro Glu Tyr Cys Asn Gly Thr Ser Ala Ser Cys  
 20 25 30

<210> 6  
 <211> 30  
 <212> PRT  
 <213> Bos taurus

<220>  
 <221> SITE  
 <222> (14)..(16)  
 <223> Tripeptide

<400> 6  
 Cys Ala Phe Ile Pro Lys Gly His Ile Cys Arg Gly Ser Thr Asp Glu  
 1 5 10 15  
 Cys Asp Leu His Glu Tyr Cys Asn Gly Ser Ser Ala Ala Cys  
 20 25 30

<210> 7  
 <211> 30  
 <212> PRT  
 <213> Rattus norvegicus

<220>

<221> SITE

<222> (14)..(16)

<223> Tripeptide

<400> 7

Cys Asn Leu Lys Ala Lys Gly Glu Leu Cys Arg Pro Ala Asn Gln Glu  
1 5 10 15

Cys Asp Val Thr Glu Tyr Cys Asn Gly Thr Ser Glu Val Cys  
20 25 30

<210> 8

<211> 30

<212> PRT

<213> Sus scrofa

<220>

<221> SITE

<222> (14)..(16)

<223> Tripeptide

<400> 8

Cys Ser Phe Met Ala Lys Gly Gln Thr Cys Arg Leu Thr Leu Asp Glu  
1 5 10 15

Cys Asp Leu Leu Glu Tyr Cys Asn Gly Ser Ser Ala Ala Cys  
20 25 30

<210> 9

<211> 6

<212> PRT

<213> artificial sequence

<220>

<223> peptide FEEC

<220>

<221> DISULFID

<222> (1)..(6)

<223>



5

<400> 9

Cys Ser Phe Glu Glu Cys  
1 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**